

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 93269

СПОСІБ КЛАСТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗДРОВОЇ
СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 25.09.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

 М.В. Ковіня



(19) UA

(51) МПК
H04W 12/12 (2009.01)

(21) Номер заявки: **u 2014 03919**

(22) Дата подання заявки: **14.04.2014**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.09.2014**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.09.2014, Бюл. № 18**

(72) Винахідники:
Чиж Віталій Михайлович, UA,
Міколай Карпінські син Пйотра, PL,
Балабан Степан Миколайович, UA

(73) Власники:
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, UA,
АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНО-ГУМАНІСТИЧНА В БЕЛЬСКУ-БЯЛЕЙ, ПОЛЬСКА,
ul. Willowa 2, Bielsko-Biala, Polska, 43-309, PL

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ КЛАСТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб кластерного моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчисленні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожен два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточковий симплекс $[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p, - номери сигнальних точок, та виявленні атакованих сенсорів, який відрізняється тим, що кожен вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки.



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 93269

(13) U

(51) МПК

H04W 12/12 (2009.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2014 03919**
(22) Дата подання заявки: **14.04.2014**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.09.2014**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.09.2014, Бюл.№ 18**

(72) Винахідник(и):
**Чиж Віталій Михайлович (UA),
Міколай Карпінський син Пйотра (PL),
Балабан Степан Миколайович (UA)**
(73) Власник(и):
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA),
АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНО-ГУМАНІСТИЧНА В
БЕЛЬСКУ-БЯЛЕЙ, ПОЛЬСКА,
ul. Willowa 2, Bielsko-Biala, Polska, 43-309
(PL)**

(54) СПОСІБ КЛАСТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ**(57) Реферат:**

Спосіб кластерного моделювання бездротової сенсорної мережі полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчисленні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожен два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси ${}^i_j[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p, - номери сигнальних точок, та виявленні атакованих сенсорів. Крім цього, кожен вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки.

UA 93269 U

Корисна модель стосується бездротових сенсорних мереж, зокрема їх комп'ютерної візуалізації, і може бути використана у інформаційних, промислових та спеціалізованих системах, які експлуатують у різних галузях народного господарства.

Відомий спосіб візуалізації атаки червоточин у бездротовій сенсорній мережі, що полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчислюванні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки трикутників з розміщеними у їх вершинах сенсорами з координатами у евклідовому просторі та виявленні атаківаних сенсорів (див. Патент України № 47011, від 25.03.2011 МПК⁸ H04W 12/12, бюл. Промислова власність № 21, 2011).

Недоліком вказаного способу є неможливість відстежити рівень пошкодження сигналу окремого сенсора або невеликої групи компактно розташованих сенсорів, неможливість візуалізації атак непов'язаних зі зміною сили сигналу.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі служить спосіб симплексного моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчислюванні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси $\{[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p, - номери сигнальних точок, та виявленні атаківаних сенсорів (див. Патент України № 82856, від 27.08.2013 МПК H04W 12/12 (2009.01), бюл. Промислова власність № 16, 2013).

Недоліками прототипу є складність контролю за бездротовою сенсорною мережею, що налічує велику кількість сенсорів, і неможливість відслідковування трансформації симплекса, в якому атаківаний сенсор розміщений на кінці великої діагоналі ромба.

В основу корисної моделі поставлено задачу спрощення контролю за бездротовою сенсорною мережею, що налічує велику кількість сенсорів і одержання можливості відслідковування трансформації симплекса в якому атаківаний сенсор розміщений на кінці великої діагоналі ромба шляхом моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчислюванні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси $\{[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p - номери сигнальних точок, та виявленні атаківаних сенсорів, причому, кожні вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки.

На фіг. 1 показано фрагменти схеми реконструйованої топологічною позицією кожного сенсора з результатами об'єднання чотириточкових симплексів у кластер, на фіг. 2 показано схему кластера, на фіг. 3 показано фрагмент схеми кластера при здійсненні атаки на сигнальну точку, що має три функціональні зв'язки, на фіг. 4 показано фрагмент схеми кластера при здійсненні атаки на сигнальну точку, що має чотири функціональні зв'язки, на фіг. 5 показано фрагмент схеми кластера при здійсненні атаки на сигнальну точку, що має п'ять функціональних зв'язків, на фіг. 6 показано схему візуалізації атаки на сигнальну точку, що має три функціональні зв'язки, на фіг. 7 показано схему візуалізації атаки на сигнальну точку, що має чотири функціональні зв'язки, на фіг. 8 показано схему візуалізації атаки на сигнальну точку, що має п'ять функціональних зв'язків.

Спосіб реалізується таким чином. Вимірюють відстані між сенсорами, використовуючи моделювання похибки вимірюванні відстані між сенсорами змішаним шумом. Реконструюють топологічну поверхню сенсорної мережі з допомогою триангуляції Делоне і обчислюють віртуальні позиції кожного сенсора. Аналіз візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора проводять, використовуючи сітку рівносторонніх трикутників, у вершинах яких розміщені сенсори. При цьому кожні два сусідні рівносторонні трикутники

об'єднують у чотириточкові симплекси ${}^i_j[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де C - сигнальна точка, i, j, k, p , - номери сигнальних точок, кожен вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластери у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників.

- 5 Вимірюють відстані між сенсорами, реконструюють топологічну поверхню сенсорної мережі, обчислюють віртуальні позиції кожного сенсора, аналізують візуалізовану форму реконструйованої топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожен два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси ${}^i_j[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де C - сигнальна точка, i, j, k, p , - номери сигнальних точок, кожен 18 сигнальних точок об'єднують у кластери у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників (див фіг. 1). При цьому (див фіг. 2) сигнальні точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, сигнальні точки 7, 8, 9, 10, 11, 12, є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, сигнальні точки 13, 14, 15, 16, 17, 18 є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки. Як основу для відслідковування рівня пошкодження сигналу окремого сенсора використовують властивість симплекса при переміщенні сигнальних точок - вершин симплекса трансформуватися у одновимірні, двовимірні, тривимірні геометричні об'єкти. При цьому, щоб об'єм трансформованого симплекса не дорівнював нулю, атакowana сигнальна точка повинна знаходитися на кінці малої осі ромба. При здійсненні атаки на сигнальну точку, що знаходиться у вершині зовнішнього обвідного шестикутника (див. фіг. 3) трансформації зазнає чотириточковий симплекс ${}^7_{13}[4C]_1^{14}$, в якому атакowana сигнальна точка знаходиться на кінці малої осі ромба, а схема візуалізації атаки показана на фіг. 6. При здійсненні атаки на сигнальну точку, що знаходиться у середині сторони зовнішнього обвідного шестикутника (див. фіг. 4) трансформації зазнають чотириточкові симплекси ${}^7_1[4C]_2^{14}$, і ${}^{14}_2[4C]_1^8$, в яких атакowana сигнальна точка знаходиться на кінцях малих осей ромбів, а схема візуалізації атаки показана на фіг. 7. При здійсненні атаки на сигнальну точку, що знаходиться у вершині внутрішнього шестикутника (див. фіг. 5) трансформації зазнають чотириточкові симплекси ${}^{13}_6[4C]_1^7$ і ${}^7_1[4C]_2^{14}$, в яких атакowana сигнальна точка знаходиться на кінцях малих осей ромбів, а схема візуалізації атаки показана на фіг. 8. Приведений аналіз показує, що запропонована кластерна модель дозволяє візуалізувати атаку на кожен сигнальну точку, що знаходиться у структурі кластера.

Приклад конкретної реалізації способу кластерного моделювання бездротової сенсорної мережі

- 35 Бездротову сенсорну мережу побудували на сенсорах, які сформували на модулях XBee виробництва фірми США Digi International шляхом програмування стеку XBee на програмному рівні. Сенсори функціонували в рамках протоколу Zig XBee згідно зі стандартом IEEE 802.15.4. Бездротову сенсорну мережу сформували на 198 сенсорах з інтегрованими антенами та розмістили у просторі на відстані 1 м між сусідніми сенсорами таким чином, що кожен сенсор знаходився у вершині рівностороннього трикутника. Кожен два сусідні рівносторонні трикутники об'єднали у чотириточкові симплекси ${}^i_j[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де C - сигнальна точка, i, j, k, p , - номери сигнальних точок, кожен 18 сигнальних точок об'єднують у кластери (див фіг. 1) у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що сигнальні точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 (див фіг. 2) є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, сигнальні точки 7, 8, 9, 10, 11, 12 є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, сигнальні точки 13, 14, 15, 16, 17, 18 є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки. Бездротову сенсорну мережу вводили в два режими роботи: без приглушення сигналів окремих сенсорів при температурі довкілля в межах від +5 °C до +30 °C і вологості від 30 % до 70 %. Вирівнювали відстані між сенсорами на підставі рівня потужності прийнятого сигналу. При цьому потужність прийнятого сигналу вимірювали за допомогою програми на підставі 10-бітного аналогово-цифрового перетворювача.

- 55 В подальшому здійснювали реконструювання топологічної поверхні сенсорної мережі, обчислювали віртуальні позиції кожної сигнальної точки використовуючи сітку шестикутних кластерів з довжиною функціонального зв'язку 1 м і визначали, що об'єм симплексів рівний нулю.

- Потім приглушували сигнал сигнальної точки 7 (див. фіг. 3) і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу сигнальними точками 13, 1, 14 визначали величину трансформації сигнальної точки 7 (див. фіг. 6). Так за потужністю прийнятого сигналу визначили, що відстань між сигнальними точками симплекса ${}^7_3[4C]_1^{14}$ збільшилась до 2,85 м, а
- 5 об'єм трансформованого симплекса становив $0,38 \text{ м}^3$. Аналогічно приглушили сигнал сигнальної точки 14 (див. фіг. 4) і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу сигнальними точками 7, 1, 2, 8 визначали величину трансформації сигнальної точки 14 (див. фіг. 7). Так за потужністю прийнятого сигналу визначили, що відстань між сигнальними точками симплексів ${}^7_1[4C]_2^{11}$ і ${}^{14}_1[4C]_2^8$ збільшилась до 2,85 м, а об'єм трансформованих симплексів
- 10 становив $0,57 \text{ м}^3$. Аналогічно приглушили сигнал сигнальної точки 1 (див. фіг. 5) і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу сигнальними точками 2, 14, 7, 13, 6 визначали величину трансформації сигнальної точки 1 (див. фіг. 8). Так за потужністю прийнятого сигналу визначили, що відстань між сигнальними точками симплексів ${}^{13}_6[4C]_7^1$ і ${}^7_1[4C]_{14}^2$ збільшилась до 2,85 м, а об'єм трансформованих симплексів становив $0,76 \text{ м}^3$.
- 15 Таким чином запропонований спосіб дозволяє спростити контроль за бездротовою сенсорною мережею, що налічує 18 і більше сенсорів і дає можливість відслідковувати трансформацію симплексів, сенсори яких утворюють кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників.

20

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб кластерного моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між сенсорами, реконструюванні топологічної поверхні сенсорної мережі, обчисленні віртуальної позиції кожного сенсора, аналізі візуалізованої форми реконструйованої
- 25 топологічної позиції кожного сенсора з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками, які представляють сенсори, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси ${}^i_j[4C]_p^k$, які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p, - номери сигнальних точок, та виявленні атакованих сенсорів, який **відрізняється** тим, що кожні вісімнадцять сигнальних
- 30 точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки.

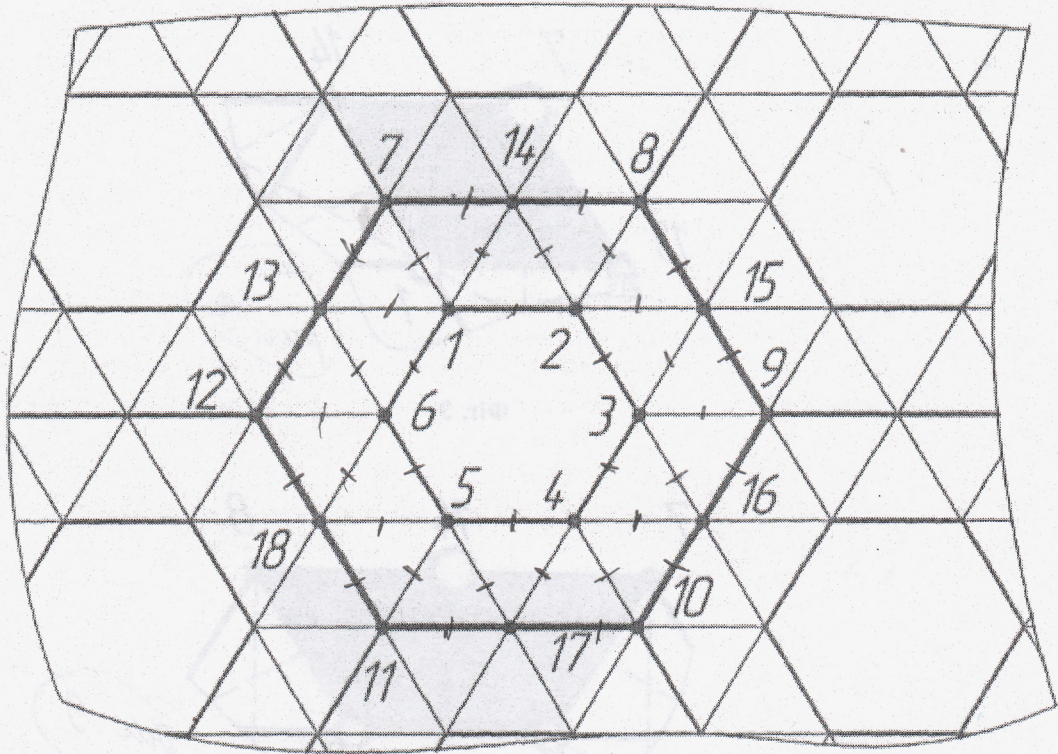


Fig. 1

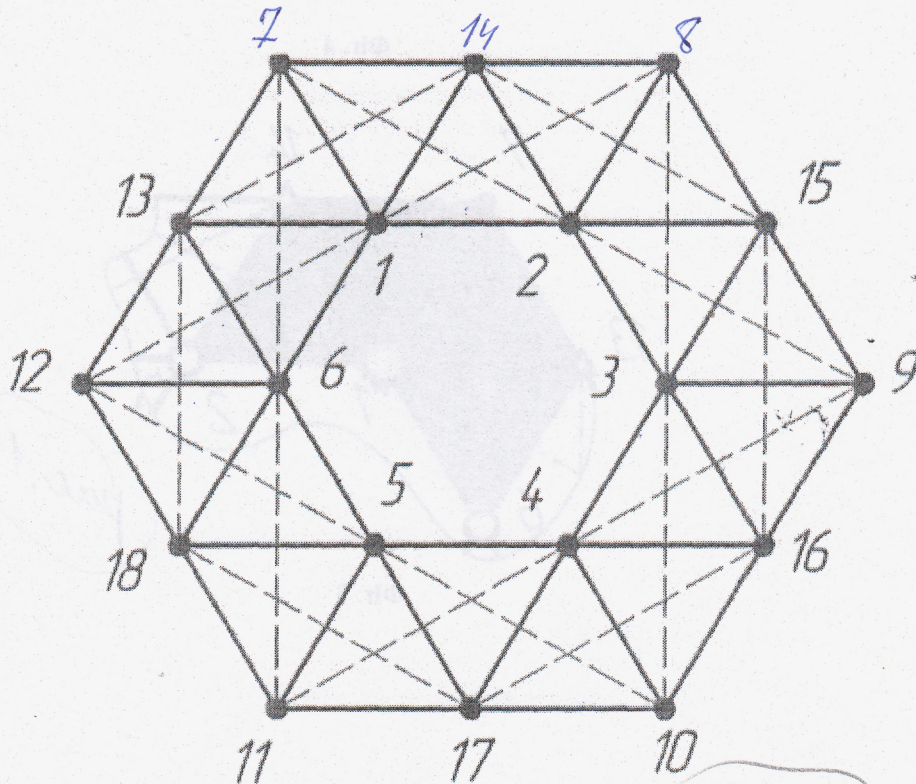
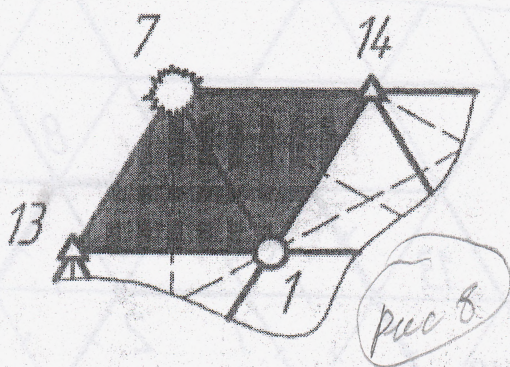
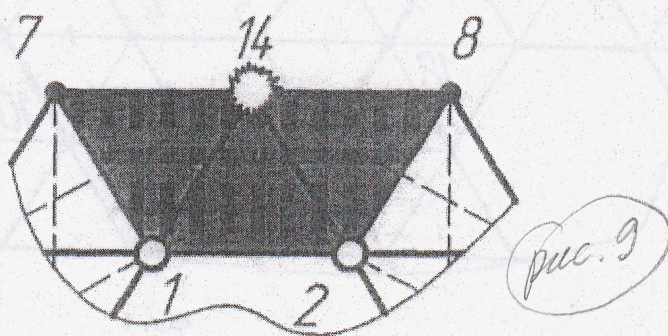


Fig. 2

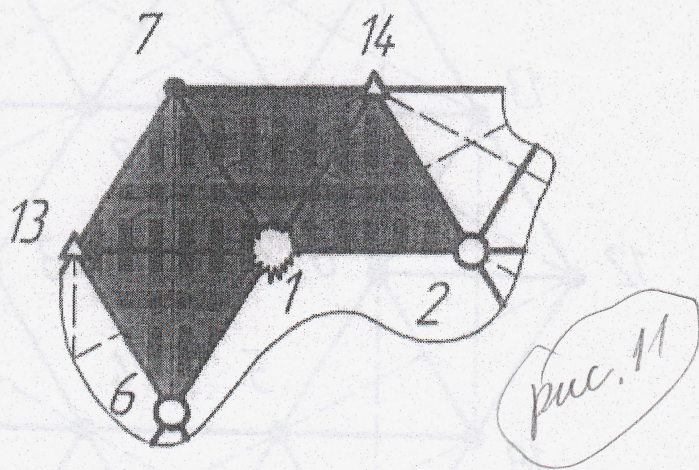
Prac. 6



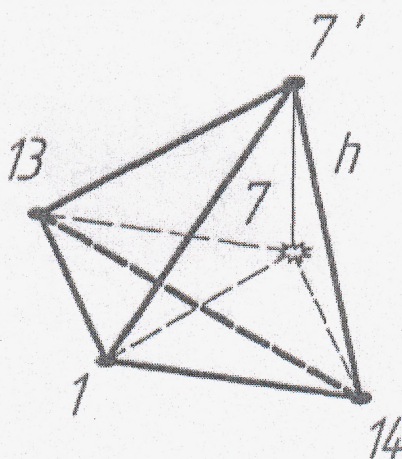
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

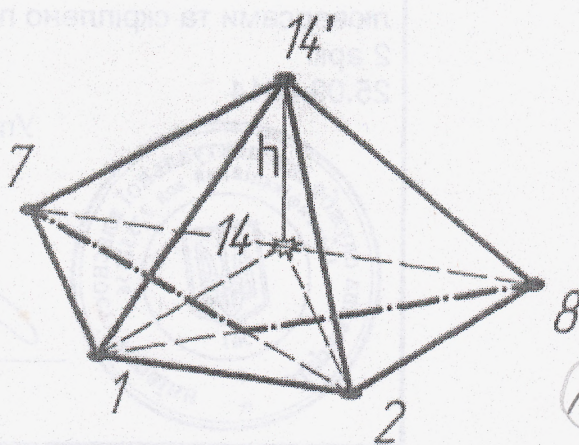


рис. 10

Фиг. 7

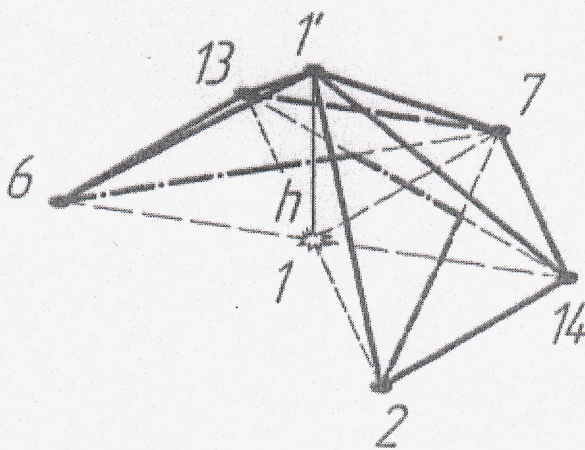


рис. 12

Фиг. 8

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601